

**DISEÑO DE UN COLUMPIO PARA ESPACIOS PUBLICOS PARA PERSONAS
EN CONDICION DE DISCAPACIDAD**

JUAN PABLO BOTERO RAVE

**MEDELLÍN
UNIVERSIDAD EAFIT
FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA
2014**

**DISEÑO DE UN COLUMPIO PARA ESPACIOS PUBLICOS PARA PERSONAS
EN CONDICION DE DISCAPACIDAD**

JUAN PABLO BOTERO RAVE

Proyecto de grado para Optar al Título de Ingeniería Mecánica

Ingo. Esp. SERGIO ARISTIZABAL R.

**MEDELLÍN
UNIVERSIDAD EAFIT
FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA
2014**

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

Medellín, xx de Noviembre de 2014

1 CONTENIDO

| | | |
|------|--------------------------------|----|
| 1 | CONTENIDO..... | 4 |
| 2 | TABLAS..... | 6 |
| 3 | GRAFICOS..... | 7 |
| 4 | GLOSARIO..... | 10 |
| 5 | ANEXOS | 11 |
| 6 | RESUMEN | 14 |
| 7 | INTRODUCCIÓN | 15 |
| 8 | RESEÑA HISTÓRICA | 17 |
| 9 | JUSTIFICACIÓN | 18 |
| 10 | ASPECTOS GENERALES..... | 19 |
| 11 | OBJETIVOS..... | 21 |
| 11.1 | Objetivo General..... | 21 |
| 11.2 | Objetivos Específicos | 21 |
| 12 | ALCANCE | 22 |
| 13 | MARCO TEÓRICO | 23 |
| 13.1 | DISCAPACIDAD..... | 23 |
| 13.2 | PARQUES PÚBLICOS..... | 27 |
| 13.3 | FISICA DE UN COLUMPIO..... | 31 |
| 14 | DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 37 |
| 15 | METODOLOGIA DE DISEÑO..... | 39 |
| 15.1 | DEFINICIÓN DEL USUARIO..... | 41 |

| | | |
|-------|---|----|
| 15.2 | ANTROPOMETRÍA DEL USUARIO | 42 |
| 15.3 | PDS | 44 |
| 15.4 | CAJA NEGRA..... | 46 |
| 15.5 | ESTRUCTURA FUNCIONAL | 46 |
| 15.6 | MATRIZ MORFOLÓGICA | 48 |
| 15.7 | CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO | 52 |
| 15.8 | PROPUESTA INICIAL DE DISEÑO | 52 |
| 15.9 | CÁLCULOS ANALÍTICOS | 54 |
| 15.10 | PROPUESTA FINAL | 56 |
| 16 | CONCLUSIONES | 62 |
| 17 | BIBLIOGRAFÍA | 64 |

2 TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Antropometría niños de 10 años de edad (Tabla modificada)..... | 44 |
| Tabla 2. PDS columpio. (Elaboración propia) | 46 |
| Tabla 3. Matriz morfológica. (Elaboración propia)..... | 50 |
| Tabla 4. Ruta de selección de soluciones. (Elaboración propia) | 52 |
| Tabla 5. Datos para cálculos (elaboración propia)..... | 54 |

3 GRAFICOS

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Representación de un columpio. (imagen modificada) | 31 |
| Ilustración 2. Representación física del péndulo. (Imagen propia)..... | 32 |
| Ilustración 3. Diagrama cuerpo libre de usuario sobre columpio. (Imagen propia) | 34 |
| Ilustración 4. Silla de ruedas Ottobock Skippi | 43 |
| Ilustración 5. Caja negra columpio. (Elaboración propia)..... | 46 |
| Ilustración 6. Estructura funcional columpio. (Elaboración propia)..... | 48 |
| Ilustración 7. Barra como tope | 48 |
| Ilustración 8. Nivelador indicador | 48 |
| Ilustración 9. Medidor angular | 48 |
| Ilustración 10. Fijación manual..... | 49 |
| Ilustración 11. Fijación con tornillo | 49 |
| Ilustración 12. Fijación con pin | 49 |
| Ilustración 13. Bloqueo con candado | 49 |
| Ilustración 14. Bloqueo con tornillo | 49 |
| Ilustración 15. Bloqueo con pin | 49 |
| Ilustración 16. Bajar con bisagra..... | 49 |
| Ilustración 17. Bajar con pistón hidr. | 49 |
| Ilustración 18. Bajar con bisagra simple | 49 |
| Ilustración 19. Ingresar con sistema mecánico | 49 |
| Ilustración 20. Ingreso manual | 49 |
| Ilustración 21. Ingreso con cadenas | 49 |
| Ilustración 22. Posición con tope | 49 |
| Ilustración 23. Posición con barra | 49 |
| Ilustración 24. Posición con correa | 49 |
| Ilustración 25. Asegurar con correa | 49 |
| Ilustración 26. Asegurar con barras | 49 |
| Ilustración 27. Asegurar con cadenas..... | 49 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 28. Asegurar con cinturón de seg. | 50 |
| Ilustración 29. Asegurar con arnés | 50 |
| Ilustración 30. Asegurar manualmente | 50 |
| Ilustración 31. Mover manual | 50 |
| Ilustración 32. Mover automáticamente | 50 |
| Ilustración 33. Mover con mecanismo | 50 |
| Ilustración 34. Agarre simple | 50 |
| Ilustración 35. Agarre con aditamento | 50 |
| Ilustración 36. Agarre con velcro | 50 |
| Ilustración 37. Agarre con barra simple | 50 |
| Ilustración 38. Agarre con barra especial | 50 |
| Ilustración 39. Agarre con cuerdas | 50 |
| Ilustración 40. Transmisión manual | 50 |
| Ilustración 41. Transmisión con mecanismos | 50 |
| Ilustración 42. Transmisión con cadena | 50 |
| Ilustración 43. Péndulo simple | 50 |
| Ilustración 44. Péndulo físico | 50 |
| Ilustración 45. Péndulo eléctrico | 50 |
| Ilustración 46. Render Propuesta columpio - Vista isométrica posterior. (Elaboración propia) | 53 |
| Ilustración 47. Render Propuesta columpio - Vista isométrica frontal. (Elaboración propia) | 53 |
| Ilustración 48. Medidas Generales (imagen propia) | 56 |
| Ilustración 49. Render Isométrico Frontal Columpio final. (Elaboración propia) | 58 |
| Ilustración 50. Render Isométrico Posterior Columpio Final. (Elaboración propia) | 59 |
| Ilustración 51. Representación de chumaceras para sistema pendular. (Elaboración propia) | 59 |
| Ilustración 52. Render Sujeción superior. (Elaboración propia) | 60 |
| Ilustración 53. Render Silla Lateral. (Elaboración propia) | 60 |

Ilustración 54. Render sistema de bloqueo barra de usuario. (Elaboración propia)
.....61

4 GLOSARIO

OMS: Organización mundial de la salud.

CIF: Clasificación internacional del funcionamiento.

M.A.S: Movimiento armónico simple.

Inclusión: acción por la cual se integra personas con diversidad funcional como activo social de una comunidad.

Columpio: atracción para niños. Consiste en realizar un movimiento pendular en una estructura.

5 ANEXOS

Anexo 1. Manual_silla_de_ruedas_skippi

Anexo 2. Parque sector Regional con Calle 33

Anexo 3. Parque sector Regional con Calle 33

Anexo 4. Parque sector Regional con Calle 33

Anexo 5. Parque sector Regional con Calle 33

Anexo 6. Parque sector Regional con Calle 33

Anexo 7. Parque sector Regional con Calle 33

Anexo 8. Parque sector Regional con Calle 33

Anexo 9. Segundo Parque de Laureles

Anexo 10. Segundo Parque de Laureles

Anexo 11. Segundo Parque de Laureles

Anexo 12. Segundo Parque de Laureles

Anexo 13. Segundo Parque de Laureles

Anexo 14. Primer Parque de Laureles

Anexo 15. Primer Parque de Laureles

Anexo 16. Parque Éxito de Laureles

Anexo 17. Parque Éxito de Laureles

Anexo 18. Parque Éxito de Laureles

Anexo 19. Parque Éxito de Laureles

Anexo 20. Parque Éxito de Laureles

Anexo 21. Parque Éxito de Laureles

Anexo 22. Parque Éxito de Laureles

Anexo 23. Parque en el sector de Laureles

Anexo 24. Parque en el sector de Laureles

Anexo 25. Parque en el sector de Laureles

Anexo 26. Parque en el sector de Laureles

Anexo 27. Parque en el sector de Laureles

Anexo 28. Parque en el sector de Belén

Anexo 29. Parque en el sector de Belén

Anexo 30. Parque en el sector de Belén

Anexo 31. Parque en el sector de Belén

Anexo 32. Parque en el sector de Belén

Anexo 33. Columpio Medidas Generales

Anexo 34. Estructura ppal.

Anexo 35. Estructura columpio

Anexo 36. Piso estructura

Anexo 37. Tubo bloqueo-usuario

Anexo 38. Rampa acceso

Anexo 39. Guarda Estructura Lateral

Anexo 40. Guarda estructura frontal

Anexo 41. Unión Superior

Anexo 42. Soporte Silla-Tubo

Anexo 43. Soporte barra ayudante

Anexo 44. Tubo usuario ayudante

Anexo 45. Soporte Barra usuario

6 RESUMEN

Este proyecto consiste en el diseño de un columpio para espacios públicos, para personas en condición de discapacidad, específicamente niños entre los 4 y 10 años de edad. Con un contexto previamente descrito y a través de una metodología de diseño conceptual, se especifican los requerimientos dimensionales, de seguridad y los materiales de fabricación, para desarrollar una máquina simple para el uso y su manufactura. Por último el equipo se respalda con una modelación computacional en el software Solidworks y unos cálculos que garantizan el movimiento más óptimo del sistema. De acuerdo a la ubicación y estudio del entorno que comprende el proyecto, la máquina está pensada para la instalación en un parque público de la ciudad de Medellín.

PALABRAS CLAVE: PARQUE, INCLUSIÓN, COLUMPIO, DISCAPACIDAD

7 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, la discapacidad "es un fenómeno complejo que refleja una interacción entre las características del organismo humano y las características de la sociedad en la que vive " ¹dicha sociedad, debe garantizar igual acceso a todos sus componentes para que exista un desarrollo máximo de las actividades humanas, independiente de la condición física o cognitiva de los participantes de una comunidad.

La ciudad de Medellín, Colombia en su proceso de construcción de progreso no tuvo las consideraciones pertinentes en el desarrollo de las obras públicas. La Planificación Social debe estar basada en el principio de igualdad de derechos entre personas con y sin discapacidad. Lo que significa, que las necesidades de todo individuo son de la misma importancia, y, que todos los recursos deben emplearse de tal manera que garanticen una oportunidad igual de participación a cada persona. Esto se define como la "equiparación de oportunidades", y es el proceso mediante el cual, el sistema general de la sociedad, tanto el medio físico y cultural, la vivienda y el transporte, los servicios de protección social, de salud y sanitarios, las oportunidades de educación y trabajo, la vida cultural y social, incluidas las instalaciones deportivas y de recreo, sean accesibles para todos. (Colombia, 2005)

Paralelo a esto cabe especificar que un espacio público es aquel lugar en donde una comunidad puede reunirse y es para el uso común, de acuerdo al objetivo que cumple dentro de un territorio determinado. Uno de los usos más frecuentes de estos espacios es para la ubicación e instalación de parques que cuentan con

¹ <http://www.who.int/topics/disabilities/es>

juegos, accesos, zonas verdes y equipos que permiten la recreación y el deporte de los usuarios.

Con lo mencionado anteriormente, las comunidades (comunas) de la ciudad no cuentan en sus parques públicos ya existentes con diseños y máquinas para garantizar la recreación y el deporte de todos los ciudadanos, ya que las personas con movilidad reducida no tienen donde desarrollar su planes de rehabilitación y acondicionamiento físico con máquinas adecuadas dependiendo del tipo de discapacidad y los niños con diversidad funcional no cuentan con juegos y artefactos que les permita potencializar sus habilidades lúdicas.

Cada día, el espacio público, cobra mayor importancia en las urbes debido al papel que cumple como eje estructural de la ciudad como un bien público. Por ende, la agenda política no puede hacer caso omiso a una realidad manifiesta que convierte al espacio público en escenario de factor de equilibrio social en la medida que se garantice su uso equitativo. (Vamos, Movilidad y espacio público, 2014)

Este proyecto comprende el diseño de un columpio para parques públicos, que permita la inclusión de niños y jóvenes con discapacidades en un ambiente de entretenimiento y unión familiar.

8 RESEÑA HISTÓRICA

A continuación se indican unos datos relevantes de la ciudad de Medellín que sirven como objeto de estudio: Medellín es la segunda ciudad en importancia en Colombia, y capital del departamento de Antioquia; la ciudad está situada en el centro del Valle de Aburrá, en la Cordillera Central, y está atravesada por el río Medellín, según proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE-, Medellín cuenta en 2013 con una población de 2.417.325 habitantes. La ciudad está distribuida político-administrativamente en dieciséis comunas: Popular, Santa Cruz, Manrique, Aranjuez, Castilla, Doce de Octubre, Robledo, Villa Hermosa, Buenos Aires, La Candelaria, Laureles- Estadio, La América, San Javier, El Poblado, Guayabal y Belén. (Vamos, La Ciudad).

Sin embargo dentro de las mismas comunas existen pequeños parques públicos que sirven como punto de encuentro para grupos diversos de la misma comunidad y que contienen equipos y atracciones para la recreación y el entretenimiento de los ciudadanos.

9 JUSTIFICACIÓN

A falta de máquinas para la recreación y el deporte de personas con diversidad funcional en la ciudad de Medellín, se busca a través de la ingeniería presentar una propuesta de un artefacto que responda a todas las necesidades para que los niños tengan un espacio de recreación.

Por medio de técnicas y metodologías de diseño se desarrolla una estructura segura, funcional y estética adecuada que contenga un sistema pendular con los estándares internacionales de diseño para discapacidad, garantizando la seguridad y el sano esparcimiento de los usuarios. Este diseño se soporta en un software 3D y sus respectivos planos deben permitir la posible fabricación de este.

10 ASPECTOS GENERALES

La discapacidad es la minoría más grande del mundo². A través de los últimos años la conciencia de inclusión para las personas en situación de discapacidad en todas las esferas de la sociedad cada vez es mayor, los gobiernos y las actividades culturales deben proporcionar un espacio accesible independiente de las condiciones físicas o cognitivas que existen en la diversidad humana. El transporte público, el sistema educativo, la seguridad social, los lugares de entretenimiento, las obras públicas, entre otras ramas que conforman la interacción de los ciudadanos con su entorno deben estar diseñadas para que exista un pleno desarrollo de la personalidad de estos.

El gobierno nacional de Colombia promueve leyes para los jóvenes desarrollar un perfil como ciudadano, en base a fortalecer sus aspectos psicológicos, sociales, físicos y espirituales. Paralelo a esto, como explica en el Plan nacional de atención a las personas con discapacidad 2002 – 2006, “El deporte y la recreación son derechos que garantizan la formación integral y el desarrollo de habilidades y potenciales de las personas con discapacidad, es necesario garantizar el pleno goce de este derecho en condiciones de igualdad para que tengan acceso a todo tipo de programas, planes y eventos.”³

La ingeniería mecánica es una rama de la ingeniería que permite comprender y analizar el comportamiento de los objetos, a partir de propiedades físicas y matemáticas. Una de las muchas aplicaciones de la ingeniería mecánica es el diseño de mecanismos y estructuras que cumplan con unos requisitos establecidos previamente para solucionar una necesidad. Si se combinan los

² <http://www.un.org/spanish/disabilities/default.asp?id=614>

³ http://www.urosario.edu.co/urosario_files/12/12e61953-332f-4fc3-97d7-9df286c7c22e.pdf

fundamentos teóricos y prácticos que conforman a la ingeniería mecánica con la situación descrita previamente, el desarrollo de soluciones para personas en situación de discapacidad puede garantizar productos más eficientes, seguros y estéticos y que permita fortalecer la gestión social en su labor de mejorar la calidad de vida de la población vulnerable.

Un diseño efectivo de las máquinas para los parques públicos de la ciudad que permitan la inclusión de personas en situación de discapacidad y garantice el sano entretenimiento y la unión familiar se puede desarrollar por medio de los conceptos y las bases de la ingeniería mecánica teniendo implicaciones más de fondo como impacto social y preparación de un proyecto. Conceptos de la mecánica como estática, dinámica, mecánica de sólidos, mecanismos, diseño conceptual, entre otras se involucran en cada uno de los procesos de diseño de las máquinas.

11 OBJETIVOS

11.1 Objetivo General

Mejorar las condiciones de inclusión social de niños en condición de discapacidad a través de la lúdica en espacios públicos, por medio de la propuesta de una máquina que contenga un sistema pendular que permita balancear el usuario.

11.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el mecanismo más eficiente para el diseño de la máquina.
2. Desarrollar una simulación computacional, con software CAD, de la propuestas establecida.
3. Verificar que el diseño de la máquina cumpla con las medidas antropométricas y normas de seguridad para personas con discapacidad.

12 ALCANCE

Actualmente las propuestas en diseño e ingeniería de productos y artefactos cotidianos han tenido un significativo avance en cuanto al desarrollo y la optimización de los recursos, ya que por medio de sistemas computacionales y software de diseño los profesionales del área encuentran una herramienta muy útil que les permita tener consideraciones que antes podían pasar de largo en la ejecución de proyectos, por ejemplo, la selección asertiva de materia prima de acuerdo a los requerimientos del producto, mayor facilidad para procesos de manufactura, simulaciones de esfuerzos y movimientos, propuestas alternativas, entre otras.

Solidworks es un software de diseño que "integra una amplia gama de herramientas de CAD mecánico, validación de diseños, gestión de datos de productos, comunicación de diseños y productividad de CAD" ⁴para desarrollar productos de alto contenido de ingeniería.

El cubrimiento de este proyecto consiste en diseñar la máquina seleccionada en Solidworks, basado en un estado del arte previamente establecido y teniendo en cuenta propuestas similares que se han desarrollado en otras partes del mundo, pero sujeto a las especificaciones y los requerimientos locales para la creación de éstas. Para dar soporte a un diseño más óptimo se debe definir el usuario previamente, basarse en herramientas de diseño como PDS, para llegar al final a un modelo computacional que permita simular el mecanismo establecido y facilite la comprensión del diseño y contenga los planos para la fabricación de las máquinas.

⁴ http://www.solidworks.es/sw/support/805_ESN_HTML.htm

13 MARCO TEÓRICO

13.1 DISCAPACIDAD

"La discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás".⁵

Teniendo en cuenta la definición anterior desarrollada en la convención de la ONU, se torna fundamental decir que todas las discapacidades son diferentes, y no solo por las distintas patologías o lesiones físicas a las que pueden estar sometidos los individuos sino por las diferentes experiencias personales, culturales y psicológicas que transforman el contexto propio del individuo y su discapacidad.

La discapacidad es ahora vista como una condición integral de la persona, la cual excede cualquier ámbito sectorial, al momento de su atención. Colombia no ha sido ajena a esta visión y como ella ha influido dentro de la agenda del desarrollo social, y en la modificación necesaria de muchas concepciones y paradigmas. La sociedad ha venido tomando conciencia, igualmente, de su magnitud, del apreciable número de colombianos que se ven afectados por esta situación, del impacto que significa dentro de los espacios territoriales, de su incidencia social, cultural, jurídica y económica, y de su repercusión en el desarrollo nacional. (DANE, 2004)

⁵ Convención de la ONU, 2006

En la clasificación internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud, se utiliza el termino de discapacidad con el nombre genérico que engloba todos los componentes: deficiencias a nivel corporal; limitaciones en la actividad a nivel individual, y restricciones en la participación a nivel social. Se trata de tres dimensiones diferentes asociadas a un problema de salud que interactúan entre sí con los factores contextuales (factores ambientales y personales).

Los factores ambientales tienen hoy relevancia especialmente en su calidad de condicionantes tanto desde el origen de las discapacidades como de la solución de los problemas que conllevan. Este nuevo enfoque sostiene que las personas con discapacidad tienen dificultades y desventajas que no son aplicables a su propio déficit y limitaciones, sino a carencias, obstáculos y barreras que existen en el contexto del entorno social. (Corbella)

Para comprender un poco mejor el concepto de discapacidad o diversidad funcional se considera varios tipos de discapacidades que pueden ampliar la definición anterior:

- **Lesión medular:** Es un daño que se presenta en la medula espinal y puede ser causada por una enfermedad o por un accidente. Generalmente las lesiones medulares originan la pérdida en algunas de las funciones, movimientos, y/o sensibilidad del cuerpo humano. Estas pérdidas se presentan por debajo del lugar donde ocurrió la lesión, ya que se interrumpe la conexión nerviosa. Una lesión medular depende de la ubicación y gravedad de la lesión, es decir entre más alta sea la lesión mayor es el área de funcionamiento que se ve afectada. Existe lesión medular completa o parcial, cuando es completa no existe ningún

funcionamiento por debajo del lugar de la lesión y mientras que si es parcial indica que existe algún funcionamiento por debajo de la lesión.

- **Esclerosis múltiple:** Es una enfermedad fundamentalmente inmunológica en la cual se produce una alergia de una parte del sistema nervioso central y afecta los nervios que están recubiertos por una capa de mielina. Se llama esclerosis porque hay un endurecimiento del tejido en las áreas que se dañaron, y múltiple porque se afectan las zonas salpicadas del sistema nervioso central, donde los síntomas pueden ser severos o leves, manifestándose con un periodo impredecible y errático, diferente en cada paciente. Existen dos formas básicas de Esclerosis Múltiple: La primera se manifiesta con brotes (síntomas) espaciados que pueden durar días o semanas, estos brotes no siempre se acumulan pues entre uno y otro pueden pasar meses o años. La segunda es crónica, más compleja, con brotes progresivos. Esta enfermedad también se manifiesta en formas mixtas.
- **Parálisis cerebral:** Es un conjunto de desórdenes cerebrales que afecta el movimiento y la coordinación muscular. Puede producirse antes del desarrollo fetal, durante o después del nacimiento, como también por situaciones traumáticas (accidentes) y es causada por el daño de una o más áreas específicas del cerebro. Existen diversos grados de parálisis cerebral: espástica, disquinetica, atáxica y mixta.
- **Mal de Parkinson:** Es una enfermedad neurodegenerativa del sistema nervioso central cuya principal característica es la muerte progresiva de neuronas en una parte del cerebro denominada sustancia negra. La consecuencia más importante de esta pérdida neural es una marcada disminución de dopamina en el cerebro originando una disminución en la

regulación de las principales estructuras cerebrales implicadas en el control del movimiento. (Mayores)

- **Espina bífida:** Es el defecto congénito causante de la discapacidad severa más frecuente. Su causa específica es desconocida ya que existen muchos factores determinantes en su aparición. Aparentemente este problema es el resultado de una combinación de factores genéticos y factores ambientales, sin embargo diferentes vías de investigación han encontrado que el ácido fólico puede ayudar a reducir el riesgo de padecer la enfermedad de la cual existen tres tipos: Espina bífida oculta, Meningocele y mielo-meningocele. La medula espinal no se desarrolla con normalidad, teniendo como consecuencia diferentes grados de lesión en la medula espinal y en el sistema nervioso. (Discapnet Salud)
- **Distonia muscular:** Es un síndrome que consiste en contracciones musculares sostenidas en el tiempo. La mayoría de las veces causa torsiones, movimientos repetitivos y/o posturas anómalas presentando unos tics regulares o irregulares que afectan una o varias partes del cuerpo. Los desórdenes musculares que se presentan en esta enfermedad, no afectan las otras funciones del cerebro, como la personalidad, la memoria, las emociones, los sentidos, la capacidad intelectual y la actividad sexual se mantiene absolutamente normal.
- **Deficiencias visuales:** Se define como el uso funcional de la visión pero la agudeza visual es igual o inferior a 1/3 (0/3) o el campo visual es inferior a 20*. Se dificulta la realización de tareas visuales, incluso con lentes de corrección prescritos para mejorar la habilidad para realizar tareas con ayudas de estrategias visuales compensatorias. En el caso más extremo existe ausencia total de visión o percepción mínima de la luz que impide su

uso funcional (pueden ser capaces de distinguir entre luz y oscuridad, pero no la forma de los objetos), esto se conoce como ceguera total.

- **Deficiencias auditivas:** se dividen en dos grupos, sordera prelocutiva, la cual, son personas sordas desde su nacimiento, o que naciendo oyentes se quedaron sordas antes de adquirir el lenguaje oral. El otro tipo de deficiencia es la sordera postlocutiva, que son personas que adquieren la sordera después de haber aprendido el lenguaje oral.

La visión que tenemos de las personas con discapacidad física ha variado. Antes era una persona relegada a su hogar sin posibilidad de socializar y sin opciones laborales, esta condición ha cambiado notablemente y hoy los gobiernos están implementando políticas tendientes a que en las ciudades haya más accesibilidad. Hoy encontramos personas con discapacidad ocupando cargos importantes en la política, empresarios destacados, músicos, deportistas, artistas, médicos, ingenieros etc. (LA DISCAPACIDAD FISICA)

13.2 PARQUES PÚBLICOS

Un parque es un terreno situado en el interior de una población, destinado a árboles, jardines y prados para la recreación o el descanso. Suelen incluir: áreas para la práctica deportiva, bancas para sentarse, bebederos, juegos infantiles y otras comodidades. Los parques, por lo general, constituyen los principales espacios verdes dentro de una ciudad o asentamiento urbano. En este caso no es solo importante para el descanso o paseo sino que son vitales desde el punto de vista ecológico para la generación de oxígeno. Un parque también es un conjunto

de materiales, instrumentos o aparatos que se destinan al servicio público. Es un espacio dentro de una ciudad destinado a actividades recreativas el cual puede ser público o privado y cuyo fin es otorgar un espacio de entretenimiento.

En relación con el tema de parques recreativos incluyentes, la recreación y el deporte tienen un rol fundamental como base en los procesos pedagógicos y terapéuticos que se adelantan desde el sector de salud y el sector educativo para personas en condición de discapacidad; en la medida en que éstos procesos incorporen actividades recreativas, planificadas y coherentes con las necesidades particulares, será cada vez más notable los resultados positivos de estas acciones; de acuerdo con la propuesta de Shalock⁶ “la discapacidad resulta de la interacción entre la persona y el entorno en que vive”, la recreación impulsa y favorece esta interacción, creando enlaces armónicos y relacionados entre sí, basados en códigos diferentes, emocionales, lúdicos, cercanos de fácil interpretación y asimilación.

Estos son algunos beneficios que ofrece la recreación a las personas con discapacidad:

- Preparación frente a las disminuciones y limitaciones físicas.
- Prevención de problemas físicos.
- Potenciación de la creatividad, capacidad artística y estética.
- Favorecimiento de la psicomotricidad y coordinación de la mente-manos-cuerpo.
- Favorecimiento del bienestar y la satisfacción personal.
- Potenciación de la interrelación humana y la integración social.

⁶ Shalock, R. “*Hacia una nueva concepción de discapacidad*”. Revista Siglo Cero. Vol. 30, (1), 1991. Citado en el Plan Distrital de Discapacidad, 2001.

- Promoción de la integración intergeneracional.
- Consecución de equilibrio, flexibilidad y expresión corporal.
- Logro de la distensión, la relajación y el escape de tensiones frente al estrés y el cansancio.
- Fomento de la comunicación, la amistad y las relaciones interpersonales.
- Promoción de la conciencia de utilidad y autoestima.

En el comunicado con el que la OMS⁷ hace pública la nueva clasificación adoptada resalta: ‘La CIF trastoca nuestro concepto de la discapacidad, presentándola no como un problema de un grupo minoritario, ni tampoco de personas con una deficiencia visible o inmovilizados en una silla de ruedas. La CIF tiene en cuenta los aspectos sociales de la discapacidad y brinda un mecanismo para documentar la repercusión del entorno social y físico en el funcionamiento del sujeto’. (Salud, 2001)

En los parques recreativos se desarrollan de manera armónica, dinámica y gratificante actividades técnicas dirigidas a potenciar el ser humano – con o sin limitaciones – en los procesos de construcción social y participación ciudadana y es por esto que la implementación de programas recreativos en los sistemas de organización social favorece en todos los aspectos la inclusión, la participación con equidad, la corresponsabilidad y la autorregulación.

Según lo expuesto por Taylor⁸ “La participación de la recreación es valorada en términos de su contribución a la calidad de vida”, y para poder valorar esta contribución se hace necesaria entonces la categorización de los beneficios; dicha

⁷ Comunicado de prensa OMS/48. Ginebra, 15 de noviembre de 2001

⁸ Taylor, Tracy. El valor de la recreación para las personas con discapacidad. 1996. Documento: Ocio y Diversidad, Facultad de Negocios, Universidad de Tecnología, Sídney, 2000.

autora propone el siguiente marco conceptual: “Existen tres dominios críticos e integrados: El cognitivo (adquisición de conocimiento); el afectivo (emociones y sentimientos) y el Psicomotor (actividad muscular asociada con procesos mentales). Cada dominio representa una categoría de potenciales beneficios, la participación de recreación en dichos parques podría incrementar los beneficios en cada dominio o en todos tres. Estos dominios son muy útiles como marco para el desarrollo de objetivos en relación con los programas y servicios de recreación”.

Cada acción recreativa implementada con responsabilidad y pertinencia técnica apunta entonces a potencializar los beneficios en cada uno de estos dominios, es por medio del juego como facilitamos la vivencia de la alegría, la armonía, la capacidad de autovalía, el sentido de pertenencia, la posibilidad; lo que genera un sistema abierto de sensaciones, sentimientos y movimientos, de manera que “con apoyos o sin ellos, las personas con limitación puedan realizar sus actividades, interactuar con su medio ambiente y participar en diferentes contextos de la vida cotidiana”. (AREVALO, 2003)

Se torna fundamental la generación de alternativas de participación en el sector de personas con diversidad funcional, mediante la construcción y generación de acciones deportivas y recreativas con un soporte técnico y conceptual coherente con las necesidades y expectativas a las que se encuentran sujetas dicha población.

Las potencialidades de la recreación física no son totalmente explotadas para lograr una correcta atención a las personas con discapacidades, de ahí la importancia y la necesidad de realizar parques recreativos dirigidos a este sector de la sociedad con el objetivo de mejorar su calidad de vida.

Los proyectos sociales de desarrollo urbano incluyente responden a las estrategias diseñadas para generar actividades recreativas y formativas, dirigidas a la promoción, integración y participación de personas en condición de discapacidad y que pertenecen a una comunidad.

13.3 FISICA DE UN COLUMPIO

Un columpio es un sistema pendular que a través de la física permite crear un movimiento oscilatorio de un sujeto, el cual se representa como una masa para los cálculos analíticos. Este movimiento se puede dar de dos formas: por medio de una propulsión autónoma del usuario o una propulsión asistida, ya sea por un ayudante o un equipo de transmisión de potencia.

Para recrear el movimiento pendular se realiza por medio de una estructura y un sistema de barras y/o cuerdas, que permiten balancear una masa específica con respecto a un eje fijo. Sin embargo el principio físico del sistema varía dependiendo del diseño y consideraciones propias del uso del columpio. Por ejemplo, si la amplitud del columpio es mayor a 10° o si la propulsión es propia o asistida.



Ilustración 1. Representación de un columpio. (Imagen modificada)⁹

⁹ Imagen tomada de http://www.legnolandia.es/es_ES/016081---columpio-sencillo-fruts/catalogo/2/5/79

Uno de los fenómenos más interesantes que trata la física es la del movimiento que se repite a intervalos iguales o regulares de tiempo. A esta clase de movimientos se les llama periódicos u oscilatorios. (Osorio)

El estudio de este movimiento se realiza en condiciones ideales, es decir sin considerar los efectos de la fricción del sistema, sin embargo permite obtener los resultados aproximados para el uso del estudio del mismo.

La física del Movimiento Armónico Simple (M.A.S) busca determinar las variables para establecer las dimensiones y las especificaciones del péndulo, como por ejemplo, el torque, la longitud, la tensión de la barra, el periodo de oscilación y la frecuencia.

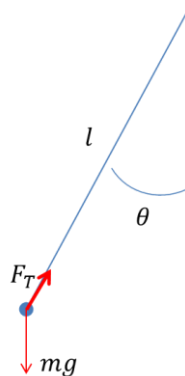


Ilustración 2. Representación física del péndulo. (Imagen propia)

Las ecuaciones básicas del M.A.S son:

$$\tau = -K\theta \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde τ es el torque recuperador del péndulo, K es una constante que depende de la longitud del péndulo (l) y la masa (m), y θ es el ángulo de amplitud.

Para obtener la K se realiza de la siguiente forma:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$F = mg \quad (\text{Ecuación 3})^{10}$$

$$|\vec{\tau}| = rF \sin \theta \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\tau_0 = -l * mg \sin \theta \quad (\text{Ecuación 5})$$

A través de la Serie de Taylor se puede demostrar que el $\sin \theta$ para ángulos menores a 10° es relativamente igual a la posición angular de 10° en radianes.

Para determinar la velocidad angular y el periodo las ecuaciones son las siguientes:

$$w = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Por otro lado el momento lineal es la magnitud que determina el estado de movimiento de la masa suspendida en el columpio por medio de un impulso inicial y es la relación entre una fuerza aplicada a la masa durante un tiempo establecido:

¹⁰ No hay fuerza de torque en la cuerda, ya que la línea de acción pasa por el punto de origen.

$$F * \Delta t = \Delta p$$

(Ecuación 8)

Cabe resaltar que mientras el tiempo en el que se aplica la fuerza sea mayor, su momento lineal será mayor, de igual forma si el tiempo es muy pequeño apenas habrá un cambio de momento. Para el caso del columpio no existe una conservación del momento lineal, ya que a través de la segunda ley de Newton se establece que el columpio al estar bajo el efecto de la gravedad se modifica el módulo de la velocidad con respecto a la aceleración propia del campo gravitatorio de la tierra.

Ya que un columpio es un sistema que permite la interacción de un usuario con el sistema pendular, este también se compone como un sistema de fuerzas dentro del columpio y también contiene un diagrama de fuerzas de la siguiente forma:

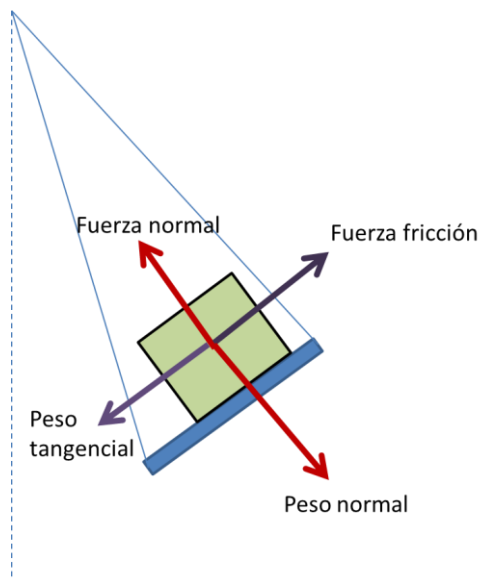


Ilustración 3. Diagrama cuerpo libre de usuario sobre columpio. (Imagen propia)

El análisis físico de este problema se desarrolla con la física de los planos inclinados.

La relación entre el usuario y el columpio se da por medio de la fuerza centrífuga que impulsa al usuario afuera del sistema pendular, pero el asiento del columpio sostiene su masa.

Por último, la conservación de la energía se da de la siguiente manera cuando la energía mecánica final es igual a la energía mecánica inicial:

$$EC_0 + EP_0 = EC_f + EP_f \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde:

EC_0 Es la energía cinética inicial.

EP_0 Es la energía potencial inicial.

EC_f Es la energía cinética final.

EP_f Es la energía potencial final.

En el punto inicial, es decir, justo antes de empezar el movimiento oscilatorio y cuando está posicionado con un ángulo θ con respecto a la vertical solo hay energía potencial, por lo tanto:

$$EM_0 = mgh \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Dónde EM es la energía mecánica inicial, m la masa del sistema pendular, g la gravedad y h la altura inicial con respecto al piso. Por medio de éste principio se puede determinar la velocidad cuando el columpio pasa por el punto $\theta = 0$ después que comience su periodo oscilatorio.

$$EM_0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Por lo tanto,

$$v = \sqrt{\frac{2(EM_0 - mgh_{piso})}{m}} \quad \text{(Ecuación 11)}$$

14 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo urbano se define como el crecimiento físico y la evolución social de las ciudades, permitiendo un mayor desarrollo social y aumentando la calidad de vida de los ciudadanos, en aras de la creación de una ciudad próspera.

Desde un enfoque de inclusión, el desarrollo urbano incluyente busca la transformación de los entornos de vida cotidianos brindando la participación activa de todos los ciudadanos, apoyando y promoviendo las iniciativas de niños, niñas y adolescentes para recuperar, apropiarse y transformar espacios públicos, espacios verdes, espacios para el juego y la socialización. (Familiar)

Para comprender el estado actual del desarrollo urbano en Medellín es necesario tener una visión clara de los parques de la ciudad, con imágenes que permitan dar un estado claro de la situación actual de los mismos.

Anexo se adjuntan las fotografías registradas en los siguientes parques:

- Parque Éxito de Laureles – Cra. 81 # 37D – 1
- Segundo Parque de Laureles
- Primer parque de Laureles
- Parque en el sector de Belén – Calle 32E # 67 – 1
- Parque en el sector de Laureles – Calle 34 # 80A – 1
- Parque sector Regional con Calle 33 – Calle 38 # 63 – 2

Como se puede observar en las imágenes ninguno de los parques registrados cuenta con equipos o máquinas para personas en situación de discapacidad. Aunque es una muestra muy pequeña de parques se considera representativa pues están ubicados en estratos económicos 3, 4 y 5 para los cuales se supone que la municipalidad invierte en sus instalaciones y los ofrece como sitios de reunión y esparcimiento público, por lo que otros parques de otros niveles socio-económicos menores, con seguridad no cuentan con instalaciones mejores.

15 METODOLOGIA DE DISEÑO

Uno de los principales beneficios que presenta el diseño, es la flexibilidad de métodos para abordar un problema y darle la solución a las necesidades que impactan a la población. El diseñador puede valerse de recursos conceptuales de diversos autores para estructurar una serie de pasos que sirva para darle valor a los requerimientos del diseño, pensando siempre primero en el ¿qué? Antes del ¿cómo? Y de esta forma contemplar múltiples propiedades físicas que le den un valor medible a los atributos del producto, es decir que, en el caso del columpio propuesto en este proyecto, existe un problema identificado que es la falta de artefactos para el entretenimiento en espacios públicos para personas en condición de discapacidad, ya que existe la necesidad cultural de generar un ambiente de inclusión para todos los participantes de una comunidad.

Después de definir un perfil de usuario para el producto, se define el ¿Qué? Del columpio, que es: entretener, divertir. Como para esta acción es muy complejo darle un valor cuantitativo por la subjetividad de la acción se traduce a un contexto físico, en donde la ingeniería puede darle un valor numérico y controlar las variables del sistema. Para comprender la física del problema hay que realizar una síntesis profunda del contexto del ambiente que lo compone, como fue descrita en el marco teórico.

Las atracciones de diversión que hay en espacios públicos o en parques de diversiones funcionan bajo principios físicos que aplicados en objetos, generan una sensación distinta a las condiciones iniciales en las que se encontraba el usuario. La principal propiedad física que hay en el columpio es la de movimientos

oscilatorios o un movimiento pendular, que genera un vaivén causado por la sobre aceleración de una masa.

Tener claro el concepto de la física pendular permite tener una propiedad que se puede cuantificar y por medio de una caja negra darle la definición a la función principal del producto. La herramienta de diseño, caja negra, propuesta por Christopher Jones permite ver una relación directa entre las entradas y las salidas de todos los componentes del sistema en función del verbo que describe la función del producto.

Después de definir claramente la caja negra del columpio se realiza una estructura funcional que descompone la función principal en subfunciones que describen procesos dentro del sistema. A estas subfunciones también se les asigna un verbo que describa la función de este paso y se establece una ruta con la conexión de todas las entradas y salidas que componen el producto. Por último a través de una matriz morfológica se establecen componentes que permitan dar solución a cada uno de esos verbos. Por ejemplo, si hay que asegurar el usuario se deben dar opciones sobre cómo se puede asegurar, por ejemplo, cinturón de seguridad, correas, pegas, lo que sea es válido.

La selección optima de cada uno de los componentes son a criterio del diseñador, pero se puede tener en consideración los 32 atributos que postula Puhg en sus modelos de diseño para tener en cuenta de acuerdo a la jerarquía que tiene cada uno de los requerimientos del producto en base a las necesidades de la comunidad y que fueron previamente descritos y calificados en un PDS.

Luego de definir todos los componentes del producto se realiza una modelación computacional en donde se hace una distribución de éstos a criterio del diseñador, cumpliendo con los requerimientos y características previamente descritos. La modelación permite realizar una simulación de movimiento del artefacto con el fin de analizar el comportamiento del mismo y la relación con el usuario y su antropometría.

La finalidad de la metodología del diseño termina con la elaboración de los planos para la fabricación de los productos.

15.1 DEFINICIÓN DEL USUARIO

Esta máquina (Columpio) está diseñada para niños entre los 4 y 10 años de edad con diversidad funcional y tengan que hacer uso de una silla de ruedas para realizar sus actividades cotidianas, bien sea por una condición temporalmente corta o larga. Se selecciona este rango de edad debido a que los niños en esta etapa de la vida son más susceptibles a sensaciones físicas y mentales, lo que conlleva al desarrollo de habilidades y comportamientos futuros en diferentes entornos.

Es importante que la máquina genere estimulaciones no solo en los niños con discapacidad sino también en niños en situaciones normales para crear un ambiente cultural que genere conciencia de inclusión e igualdad social. En el caso de los niños con limitaciones físicas o cognitivas existen diversas opciones que son factores estimulantes en el crecimiento como individuos en una sociedad y se

pueden lograr por medio del uso de colores, texturas, formas y sonidos incluidos en el artefacto.

15.2 ANTROPOMETRÍA DEL USUARIO

Como lo explica Panero en el libro 'Las Dimensiones Humanas', se carece de datos antropométricos para personas en sillas de ruedas ya que su estudio revestiría singular dificultad por la cantidad de variables que lleva implícitas: clases de incapacidad, miembros o partes del cuerpo afectados, amplitud de la parálisis, grado de disfunción muscular, efecto acumulativo en la movilidad general de las extremidades por culpa del confinamiento en la silla, entre otras (Panero & Zelnik, Las dimensiones humanas en los espacios interiores, 1983). Todo esto sin contar con otras discapacidades en las que se usan otros aditamentos como bastones, caminadores, prótesis, perros, etc.

Para facilitar el estudio antropométrico y el diseño del columpio se tendrá en consideración dos variables que permitan satisfacer las demás variables del sistema, tomando el extremo de la altura de un niño de 10 años en condiciones normales como la primera variable, lo que supondría la mayor altura del usuario y por lógica contendría las estaturas de niños menores hasta los 4 años con y sin discapacidad; la segunda variable es a través de catálogos de sillas de ruedas para niños, teniendo en cuenta sillas eléctricas que tienen mayores dimensiones.



Ilustración 4. Silla de ruedas Ottobock Skippi¹¹

Anexo se adjunta el catálogo oficial de la silla de ruedas eléctrica Ottobock Skippi, sin embargo las medidas más importantes son:

- Carga Máxima: 45kg
- Peso sin carga: 68kg
- Ancho total: 57cm
- Largo total: 85cm

El alto de la silla no es una medida de importancia ya que el objetivo del columpio es permitir la actividad lúdica al aire libre por lo que no es viable usar algún tipo de techo o estructura que cubra el superior de la plataforma que va a contener la silla de ruedas.

La antropometría infantil comprende la necesidad de poseer información que permita satisfacer la seguridad y el confort, debido al nexo existente entre un

¹¹ Imagen tomada de <http://inwalidzkie-wozki-elektryczne.blogspot.com/2011/01/dzieciocy-inwalidzki-wozek-elektryczny.html>

mobiliario inadecuado y los accidentes que suceden (Panero & Zelnik, Las dimensiones humanas en los espacios interiores, 1983)

| PERCENTIL (%) | GÉNERO | PESO (Kg) | ESTATURA (cm) |
|---------------|--------|-----------|---------------|
| 95 | Niños | 45,0 | 151,3 |
| | Niñas | 49,9 | 153,4 |
| 90 | Niños | 42,0 | 148,5 |
| | Niñas | 45,6 | 150,2 |
| 75 | Niños | 36,5 | 144,6 |
| | Niñas | 39,5 | 145,7 |
| 50 | Niños | 32,6 | 140,6 |
| | Niñas | 34,2 | 141,0 |
| 25 | Niños | 29,4 | 136,2 |
| | Niñas | 29,2 | 135,9 |
| 10 | Niños | 26,7 | 131,4 |
| | Niñas | 26,2 | 132,0 |
| 5 | Niños | 25,5 | 129,3 |
| | Niñas | 24,9 | 129,5 |

Tabla 1. Antropometría niños de 10 años de edad¹² (Tabla modificada)

15.3 PDS

De acuerdo a las especificaciones principales del columpio se desarrolló el siguiente PDS (Product design specifications):

| D | d | Requerimiento | Imp. | Métrica | Valor | Unds |
|---|---|---|------|----------------------|-------|------|
| | X | Excelentes acabados para evitar riesgos de cortadas o heridas en el | 5 | Radio de las aristas | 5-30 | mm |

¹² Tabla creada a partir de la tablas del libro de Panero, Las Dimensiones Humanas

| | | | | | | |
|---|---|---|---|-------------------------|-----------------------|--------|
| | | usuario.(chaflanes – redondeos) | | y esquinas. | | |
| | X | Verificar el estado inicial del columpio antes de usar. Permitir ubicar establemente en un punto 0. | 4 | Angulo | 0 | Grados |
| | X | Que el columpio no se mueva para ingresar al usuario fácilmente | 4 | Restricción de posición | 0 | m |
| | X | Que el columpio tenga las masas equilibradas para evitar volcaduras | 5 | Angulo | 10 | Grados |
| X | | Que el columpio tenga una rampa de acceso con una pendiente que no sea muy inclinada | 4 | Angulo | 0 – 30 | Grados |
| | X | Minimizar riesgo de accidente con cualquiera de los mecanismos | 5 | Factor de seguridad | | |
| X | | Que el sistema tenga la información operativa necesarias para el uso del columpio | 4 | Manual de usuario | | |
| X | | Que la estructura del columpio tenga colores que estimule la visión de niños con deficiencia visual (Colores adecuados) | 4 | Colores | Amarillo, verde, rojo | |
| | X | Que la maquina se pueda fabricar con materiales que se puedan adquirir localmente | 3 | Catálogos de materiales | | |
| X | | Que el columpio sea fácil de usar para el ayudante del niño | 2 | Manual del usuario | | |

| | | | | | | |
|--|---|---|---|-----------------------|---|--------|
| | X | Que los materiales tengan resistencia a la intemperie | 5 | Materiales especiales | 5 | Micras |
| | X | Que los materiales tengan buen tiempo de uso | 4 | Desgaste | | |
| | X | Que el columpio tenga un movimiento pendular uniforme | 3 | Fricción | | |

Tabla 2. PDS columpio. (Elaboración propia)

15.4 CAJA NEGRA

La caja negra contiene las entradas y salidas del columpio relacionado por un verbo que describe la acción del mismo.



Ilustración 5. Caja negra columpio. (Elaboración propia)

15.5 ESTRUCTURA FUNCIONAL

La estructura funcional describe en una serie de pasos las sub-funciones que se deben realizar para obtener la función principal del columpio y de esta manera establecer un orden secuencial que permita pensar en el diseño de acuerdo a satisfacer de una manera óptima cada sub-función.

La serie de pasos que describe el funcionamiento del sistema es:

1. Verificar la posición inicial del columpio
2. Fijar la posición inicial del columpio
3. Desbloquear rampa de acceso
4. Bajar rampa de acceso
5. Ingresar usuario a la estructura del columpio
6. Posicionar el usuario en la estructura
7. Asegurar la silla de ruedas a la estructura
8. Asegurar el usuario a la silla de ruedas
9. Mover barra de sujeción para usuario
10. Agarre de barra de sujeción para usuario
11. Subir rampa de acceso
12. Asegurar rampa de acceso
13. Agarre de usuario ayudante
14. Transmisión de fuerza de usuario ayudante
15. Generar movimiento pendular

Esta serie de funciones solo se relacionan hasta el movimiento pendular al que va a estar sometido el usuario, sin embargo, los pasos para frenar y que el usuario salga del sistema también deben ser considerados para la propuesta de ideas en la matriz morfológica y por ende en el diseño del columpio.

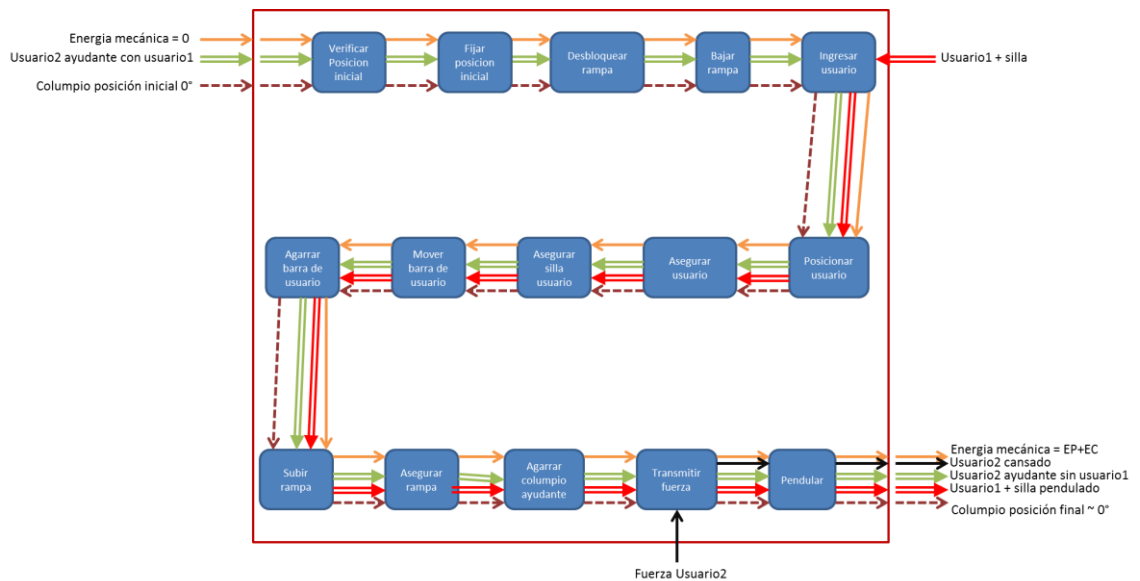
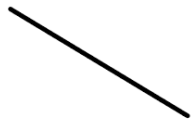

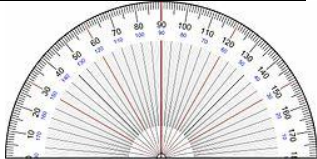


Ilustración 6. Estructura funcional columpio. (Elaboración propia)

15.6 MATRIZ MORFOLÓGICA

La matriz morfológica plantea una serie de soluciones para cada sub-función propuesta en la estructura funcional, para que el diseñador pueda valerse de diferentes opciones de acuerdo a las características que quiera priorizar en el columpio.



























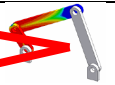



| Función | Opción 1 | Opción 2 | Opción 3 |
|---|---|--|---|
| Verificar posición inicial del columpio |  <p>Ilustración 7. Barra como tope</p> |  <p>Ilustración 8. Nivelador indicador</p> |  <p>Ilustración 9. Medidor angular</p> |

| | | | |
|--|---|--|---|
| Fijar la posición inicial del columpio |  |  |  |
| | Ilustración 10. Fijación manual | Ilustración 11. Fijación con tornillo | Ilustración 12. Fijación con pin |
| Bloquear / desbloquear la puerta de la rampa de acceso |  |  |  |
| | Ilustración 13. Bloqueo con candado | Ilustración 14. Bloqueo con tornillo | Ilustración 15. Bloqueo con pin |
| Bajar la rampa de acceso |  |  |  |
| | Ilustración 16. Bajar con bisagra | Ilustración 17. Bajar con pistón hydr. | Ilustración 18. Bajar con bisagra simple |
| Ingresar usuario a la estructura. |  |  |  |
| | Ilustración 19. Ingresar con sistema mecánico | Ilustración 20. Ingreso manual | Ilustración 21. Ingreso con cadenas |
| Posicionar el usuario con silla |  |  |  |
| | Ilustración 22. Posición con tope | Ilustración 23. Posición con barra | Ilustración 24. Posición con correa |
| Asegurar la silla a la estructura |  |  |  |
| | Ilustración 25. Asegurar con correa | Ilustración 26. Asegurar con barras | Ilustración 27. Asegurar con cadenas |

| | | | |
|--|--|--|---|
| Asegurar el usuario a la silla |  Ilustración 28. Asegurar con cinturón de seg. |  Ilustración 29. Asegurar con arnés |  Ilustración 30. Asegurar manualmente |
| Mover barra de sujeción para usuario |  Ilustración 31. Mover manual |  Ilustración 32. Mover automáticamente |  Ilustración 33. Mover con mecanismo |
| Agarre de barra de sujeción para usuario |  Ilustración 34. Agarre simple |  Ilustración 35. Agarre con aditamento |  Ilustración 36. Agarre con velcro |
| Agarre usuario ayudante |  Ilustración 37. Agarre con barra simple |  Ilustración 38. Agarre con barra especial |  Ilustración 39. Agarre con cuerdas |
| Transmision es de fuerza de usuario ayudante |  Ilustración 40. Transmisión manual |  Ilustración 41. Transmisión con mecanismos |  Ilustración 42. Transmisión con cadena |
| Movimiento pendular |  Ilustración 43. Péndulo simple |  Ilustración 44. Péndulo físico |  Ilustración 45. Péndulo eléctrico |

Tabla 3. Matriz morfológica. (Elaboración propia)

Antes de realizar una propuesta de diseño del columpio se debe establecer una ruta en la matriz morfológica que sirve como base de partida para las consideraciones que se deben tomar, pensando siempre en la seguridad y en el confort del usuario, para enmarcar las principales características del diseño.

| Función | Opción 1 | Opción 2 | Opción 3 |
|--|---|--|---|
| Verificar posición inicial del columpio |  |  |  |
| Fijar la posición inicial del columpio |  |  |  |
| Bloquear / desbloquear la puerta de la rampa de acceso |  |  |  |
| Bajar la rampa de acceso |  |  |  |
| Ingresar usuario a la estructura. |  |  |  |
| Posicionar el usuario con silla |  |  |  |
| Asegurar la silla a la estructura |  |  |  |
| Asegurar el usuario a la silla |  |  |  |
| Mover barra de sujeción para usuario |  |  |  |
| Agarre de barra de sujeción para usuario |  |  |  |





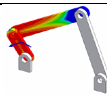

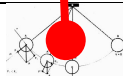


| | | | |
|---|---|--|---|
| Agarre usuario ayudante |  |  |  |
| Transmisiones de fuerza de usuario ayudante |  |  |  |
| Movimiento pendular |  |  |  |

Tabla 4. Ruta de selección de soluciones. (Elaboración propia)

15.7 CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO

Se tiene como referente de diseño un arcoíris que puede ser reflejado en la estructura y puede contener distintos colores que estimulen a niños con discapacidades visuales.

Es muy importante tener en cuenta la manufactura del columpio a medida que se realiza el diseño, teniendo en cuenta proveedores locales y materiales fáciles de adquirir en la ciudad.

Paralelo a esto se debe considerar el diseño de un columpio para niños en condiciones normales con el fin de generar una conciencia de igualdad e inclusión a los usuarios y un espacio donde la comunidad pueda integrarse en torno al columpio.

15.8 PROPUESTA INICIAL DE DISEÑO

Para realizar la propuesta de diseño se usa el software CAD Solidworks, el cual, a partir de operaciones y croquizados permite desarrollar productos computacionales para su posterior análisis.



Ilustración 46. Render Propuesta columpio - Vista isométrica posterior. (Elaboración propia)

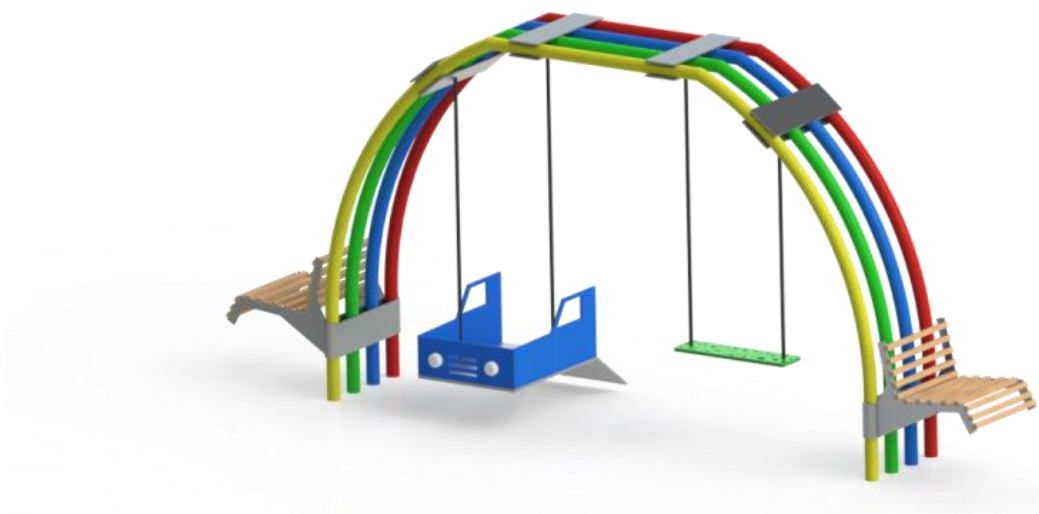


Ilustración 47. Render Propuesta columpio - Vista isométrica frontal. (Elaboración propia)

15.9 CÁLCULOS ANALÍTICOS

Para el desarrollo de los cálculos se tienen en cuenta las ecuaciones que describen el M.A.S, las cuales son expuestas en el marco teórico. El desarrollo adecuado de este sistema permite comprender el funcionamiento del mismo y la aplicación física detrás de la actividad lúdica.

Primero se especifican las variables del columpio:

| DESCRIPCIÓN | VALOR | UNIDAD |
|------------------------------------|-------|------------------|
| Longitud de la barra de péndulo | 2 | M |
| Plataforma para la silla de ruedas | 95x75 | Cm |
| Altura con respecto al piso | 25 | Cm |
| Carga de diseño | 463,5 | Kg |
| Gravedad en Medellín | 9,77 | m/s ² |
| Amplitud máxima: | 10 | ° |

Tabla 5. Datos para cálculos (elaboración propia)

De acuerdo a la ecuación 5:

$$\tau_0 = -l * mg \sin \theta$$

$$\tau_0 = -2 * 463,5 * 9,77 * \sin 10 = -1572,69 \text{ Nm}$$

Por lo tanto,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2}{9,77}} = 2,84 \text{ seg}$$

La tensión en la barra de acuerdo a la carga de diseño con un ángulo igual a 10 es:

$$T_b = 463,5 * 9,77 * \cos 10 = 4459,59N$$

Mientras que la tensión máxima de la barra será cuando el ángulo sea igual a cero y el peso de la carga sea igual al peso normal:

$$T_b = 463,5 * 9,77 * \cos 10 = 4528,39N$$

La fuerza tangencial máxima que ejerce la silla con el usuario es:

$$F_t = 463,5 * 9,77 * \sin 10 = 786,34N$$

La energía en el punto de inicio es:

$$EM_0 = 463,5 * 9,77 * 0,28 = 1267,95J$$

Y la velocidad cuando pasa por el punto 0:

$$v = \sqrt{\frac{2(1267,95 - 1132,09)}{463,5}} = 0,76m/s$$

15.10 PROPUESTA FINAL

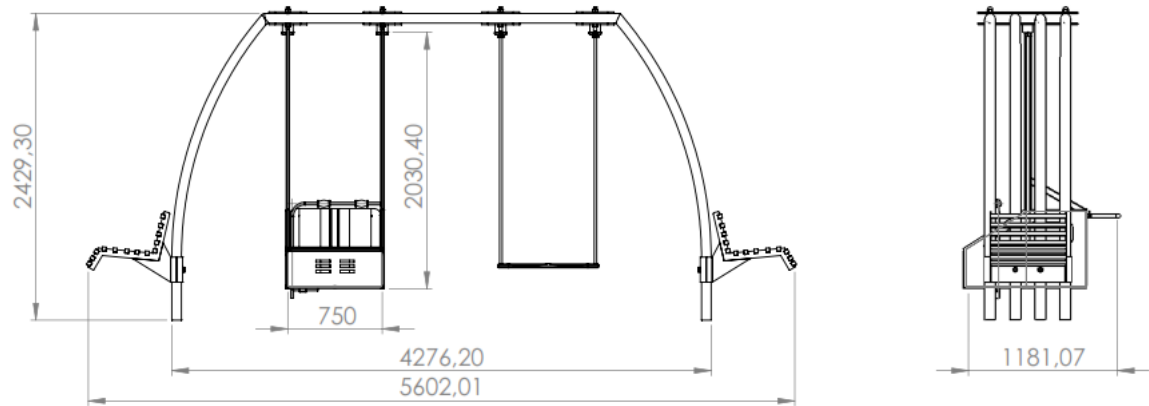


Ilustración 48. Medidas Generales (imagen propia)

Después de analizar el comportamiento matemático del sistema se realizó una propuesta más detallada del columpio, incluyendo las características definidas en la matriz morfológica, teniendo las consideraciones pertinentes para la manufactura y contextualizando con el entorno local.

El resultado final es un columpio estético y seguro, las cuales, eran 2 de las principales variables y/o requerimientos del columpio. Para garantizar el bloqueo inicial del columpio en la posición 0 se usa un tubo circular de diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada¹³, el cual, también sirve como la barra para que el usuario se sostenga dentro del columpio. Ésta se ancla en el piso del parque bloqueando el columpio, y para desbloquear se sube, se gira y se posiciona en una lámina que permite fijar la barra y dar la otra funcionalidad antes descrita, como se muestra en la Ilustración 53.

¹³ Revisar catálogos de proveedores locales

La rampa de acceso cuenta con un seguro de aro y gancho en ambos extremos de la rampa, complementado por una barra giratoria que bloquea la puerta y permite empujar el columpio al usuario ayudante. En el extremo inferior se ubican las bisagras que permiten movilizar fácilmente la rampa, unida a la estructura con remaches para evitar el hurto y permitiendo un ángulo de 27° aprox. De inclinación con respecto a los 25cm del piso.

Cuando el usuario ayudante ingresa al usuario en la silla dentro de la plataforma asegura a éste por medio 4 winches manuales ubicados en las esquinas de la estructura y luego asegura al usuario con un cinturón de seguridad ubicado a un extremo lateral de la estructura.

Debido al elevado peso que puede tener el columpio es muy importante reducir al máximo la fricción en el movimiento pendular, es por esto que se ubican chumaceras fijadas con tornillos de seguridad en la parte superior del columpio como se puede ver en la Ilustración 50. Esta placa donde se posicionan las chumaceras también está fijada a la estructura principal (la cual comprende 4 barras de tubería circular de 3 pulg. Separadas entre sí uniformemente y de distintos colores para conservar el referente seleccionado) por medio de tornillos de 1 pulg. Como se puede observar en la ilustración 51.

El columpio también cuenta con otro columpio para niños en condiciones normales a una altura de cm y sujetado con una cuerda que pivota en un eje superior. También cuenta con bancas laterales para el uso de la comunidad, creando un entorno de unión y entretenimiento en torno al columpio. Ver ilustración 52.

A continuación se incluyen unos renders para favorecer la visualización y anexo se adjuntan los planos de fabricación y ensamble.



Ilustración 49. Render Isométrico Frontal Columpio final. (Elaboración propia)



Ilustración 50. Render Isométrico Posterior Columpio Final. (Elaboración propia)

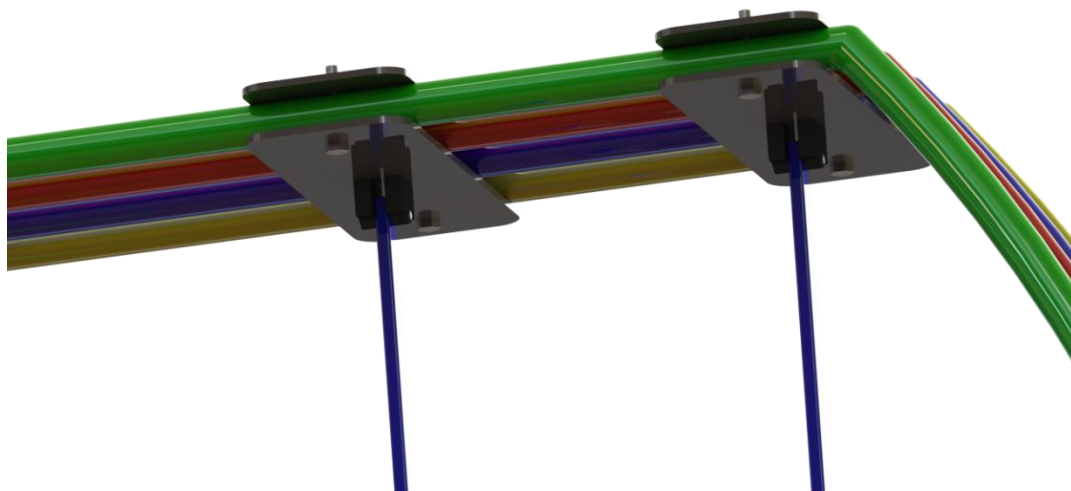


Ilustración 51. Representación de chumaceras para sistema pendular. (Elaboración propia)

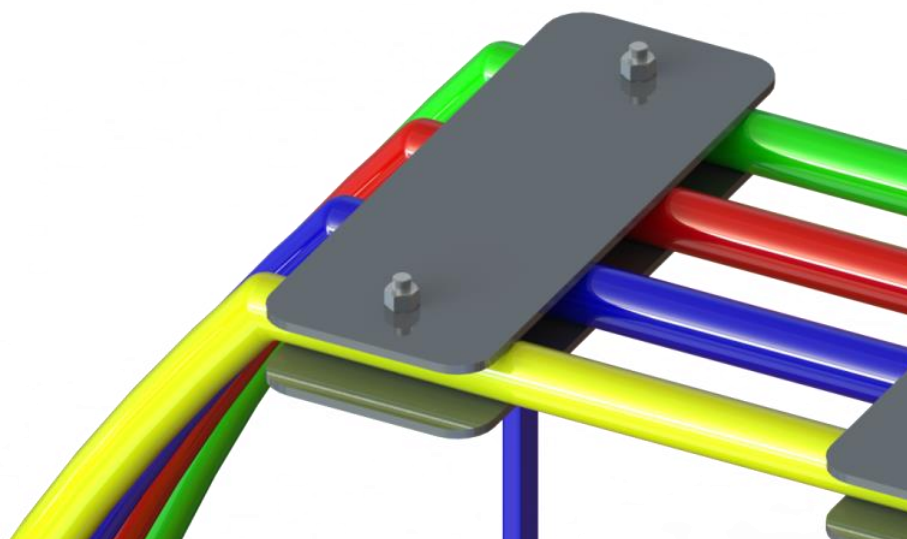


Ilustración 52. Render Sujeción superior. (Elaboración propia)

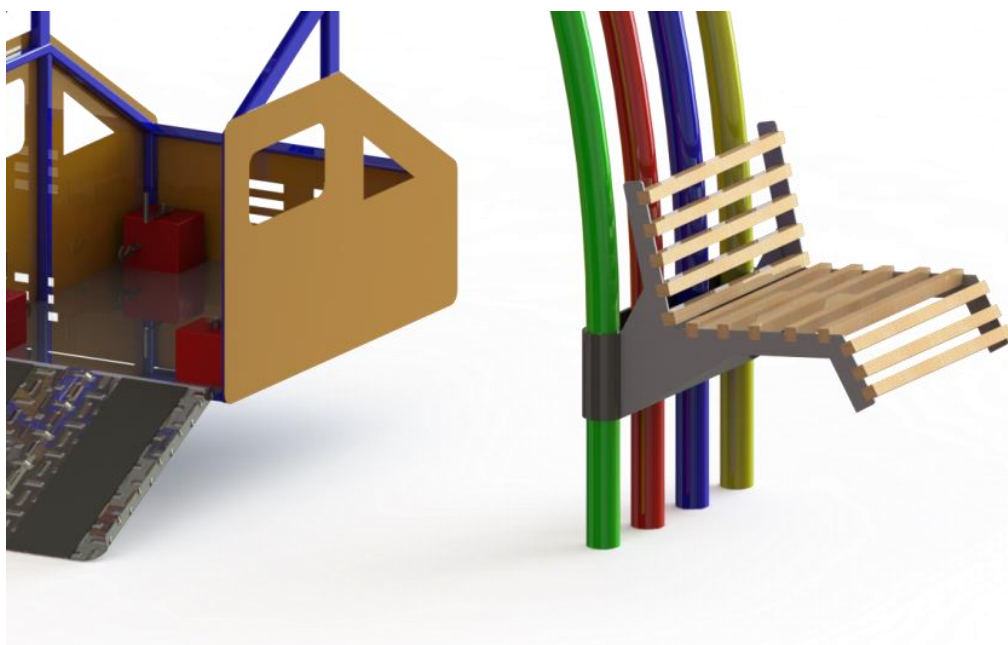


Ilustración 53. Render Silla Lateral. (Elaboración propia)

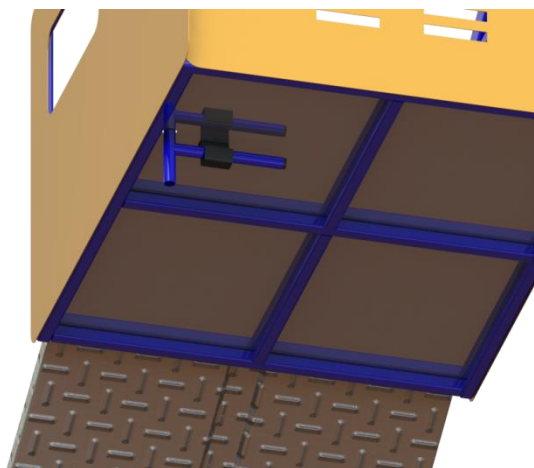


Ilustración 54. Render sistema de bloqueo barra de usuario. (Elaboración propia)

16 CONCLUSIONES

- Factor de seguridad de diseño según la norma LRFD
- Para los cálculos se consideró que el usuario no estuviera solo en la plataforma sino acompañado por un ayudante con un peso máximo de 100Kg, ya sea por seguridad o por experimentar la actividad lúdica, por lo que esta suposición aumento la carga analítica del diseño.
- La velocidad en el punto 0, expresada en km/h es 2,75km/h
- La altura total de la rampa de acceso debe ser aprox. De 80cm, ya que cuando se despliega para ingresar al usuario forma un ángulo de 25° con respecto al piso y a los 25cm de altura de la estructura lo que garantiza un diseño óptimo de pendientes para rampas según la norma de diseño de rampas.
- El columpio cumple con un factor social de inclusión y conciencia, en donde las comunidades de la ciudad pueden compartir un espacio alrededor de éste.
- El columpio cuenta con los colores primarios para estimular la visión para niños con deficiencia visual.
- Una de las principales preocupaciones para empezar a oscilar el columpio es por el peso tan alto de la estructura y el usuario, es por esto que se recomendó usar chumaceras en el extremo superior de la estructura, ya que de esta forma se suaviza el impulso inicial.

- Las correas y los cinturones de seguridad, al igual que las bisagras y los seguros no son de una marca en especial y se recomienda una selección asertiva con catálogos de empresas locales. Los sistemas representados en las imágenes son meramente ilustrativos y quedan a consideración del fabricante.

17 BIBLIOGRAFÍA

AREVALO, A. W. (2003). *INFANCIA Y DISCAPACIDAD: LA RECREACIÓN COMO ESTRATEGIA DE SOPORTE A LOS PROCESOS DE HABILITACIÓN E INTEGRACIÓN FUNCIONAL*. Bogotá.

Colombia, D. (9 de Mayo de 2005). *Clasificación de Barreras*. Recuperado el Septiembre de 2014, de <http://discapacidadcolombia.com/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=49>

Corbella, M. B. (s.f.). *LA ACTIVIDAD FÍSICO-DEPORTIVA EN LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL*. Salamanca.

DANE. (2004). *Información estadística de la discapacidad*. Bogotá.

Discapnet Salud. (s.f.). Obtenido de discapneta.salud.discapnet.es

Familiar, B. (s.f.). *Eje No. 4 Desarrollo Urbano Incluyente*.

LA DISCAPACIDAD FISICA. (s.f.). Recuperado el 15 de Septiembre de 2014, de <http://www.ladiscapacidad.com/discapacidad/discapacidadfisica/discapacidadfisica.php>

Mayores, A. (s.f.). Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de geo-salud.com

Osorio, C. A. (s.f.). *Cursos Elaborados por el Centro de Capacitación Internet de la Universidad de Antioquia, como apoyo a las labores docentes en la institución*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de - - CCI - - U de A - -: <http://docencia.udea.edu.co/regionalizacion/irs-404/contenido/capitulo1.html>

Panero, J. (1983). *LAS DIMENSIONES HUMANAS EN LOS ESPACIOS INTERIORES*. Gustavo Gili.

Panero, J., & Zelnik, M. (1983). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Gustavo Gili.

Salud, O. M. (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud*. Ginebra: Grafo, inc.

Vamos, M. C. (21 de Julio de 2014). *Movilidad y espacio público*. Recuperado el Septiembre de 2014, de <http://www.medellincomovamos.org/movilidad-y-espacio-p-blico>

Vamos, M. C. (s.f.). *La Ciudad*. Recuperado el Septiembre de 2014, de <http://www.medellincomovamos.org/la-ciudad>